



Couplage entre une membrane à cristaux photoniques en matériaux III-V et une fibre micro-lentillée : simulations et mesures

Thanh Nam Nguyen, Kevin Lenglé, Akram Akrouit, Philippe Rochard, Laurent Bramerie, Mathilde Gay, Monique Thual, Stefania Malaguti, Andrea Armaroli, Gaetano Bellanca, et al.

► To cite this version:

Thanh Nam Nguyen, Kevin Lenglé, Akram Akrouit, Philippe Rochard, Laurent Bramerie, et al.. Couplage entre une membrane à cristaux photoniques en matériaux III-V et une fibre micro-lentillée : simulations et mesures. Optique Marseille 2011 - 30^è Journées Nationales d'Optique Guidée (JNOG 2011), Jul 2011, Marseille, France. pp.35-37. hal-00744758

HAL Id: hal-00744758

<https://hal.science/hal-00744758>

Submitted on 21 May 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

COUPLAGE ENTRE UNE MEMBRANE A CRISTAUX PHOTONIQUES EN MATERIAUX III-V ET UNE FIBRE MICRO-LENTILLEE : SIMULATIONS ET MESURES

**Thanh Nam Nguyen¹, Kevin Lengle¹, Akram Akrou¹, Philippe Rochard¹, Laurent Bramerie¹,
Mathilde Gay¹, Monique Thual¹, Stefania Malaguti², Andrea Armaroli², Gaetano Bellanca²,
Stefano Trillo², Sylvain Combrié³, Pierre Colman³, Gaëlle Lehoucq³, Alfredo De Rossi³.**

¹ *UeB, UMR FOTON, Université de Rennes 1, ENSSAT, 6 rue de Kérampont BP 8051, 22305 Lannion, France*

² *Département of Engineering, Université de Ferrara, 1, via Sragat, 44122 Ferrara, Italy*

³ *Thales Research and Technology, 128, Route départementale, 91767 Palaiseau, France.*

nguyen@enssat.fr

RÉSUMÉ

Dans cet article nous présentons les résultats de simulations et de mesures des profils transverses d'intensité d'un guide réalisé sur une membrane à cristaux photoniques en matériaux III-V ainsi que de couplage entre ce guide et une fibre micro-lentillée. Ces résultats, obtenus dans le cadre du projet européen COPERNICUS, montrent un bon accord entre théorie et expérience.

MOTS-CLEFS : *cristaux photoniques III-V; champ proche ; fibre micro-lentillée ; couplage.*

1. INTRODUCTION

Les cristaux photoniques suscitent un vif intérêt depuis plusieurs années du fait de leur capacité à contrôler la lumière sur de très courtes distances [1]. Des composants multiples et variés sont attendus à partir de cette technologie en particulier dans le domaine des télécommunications. Dans le cadre du projet européen COPERNICUS [2] nous étudions des dispositifs à cristaux photoniques pour le traitement tout optique du signal. L'objectif visé est la miniaturisation et l'intégration de circuits ainsi que la réduction de la consommation de puissance pour réaliser des fonctions telles que des portes tout optiques, des filtres, des démultiplexeurs et des photo-détecteurs. Le consortium est composé de DTU, TRT, UniFe, CNRS LPN et FOTON, U2T. L'un des problèmes à résoudre concerne le couplage optique entre les guides à cristaux photoniques, de taille submicronique, et la fibre monomode de ligne. Dans cet article nous présentons les résultats de simulation obtenus par la méthode des différences finies dans le domaine du temps (FDTD) des profils d'intensités transverses en sortie de guides à cristaux photoniques équipés d'adaptateurs de modes ainsi que la simulation de l'efficacité de couplage de ces guides avec des fibres monomodes micro-lentillées. Nous présentons ensuite les résultats de mesure de profils d'intensité en champ proche ainsi que d'efficacité de couplage qui montrent un bon accord entre théorie et expérience.

2. SIMULATIONS

L'efficacité maximale de couplage entre deux faisceaux gaussiens est obtenue lorsque les deux rayons de mode ω_0 (appelé waist) définis à $1/e^2$ du maximum d'intensité du profil transverse E_1 respectivement E_2 des deux champs à coupler sont égaux et parfaitement alignés [3]. En effet l'efficacité de couplage est calculée à partir de l'expression suivante :

$$\eta = \frac{\left| \iint E_1 E_2^* dx dy \right|^2}{\iint E_1 E_1^* dx dy \iint E_2 E_2^* dx dy} \quad (1)$$

avec dx et dy les coordonnées transverses. Une différence entre les diamètres de mode ou un désalignement entre les deux faisceaux conduit ainsi à des pertes en excès. Plus les rayons de modes sont différents plus les pertes sont élevées. Dans le cas de deux faisceaux gaussiens identiques, plus les diamètres de mode sont petits et plus les tolérances de positionnement latérales et axiales sont critiques.

La principale difficulté dans le cas du couplage de guides à cristaux photoniques vers une fibre optique monomode vient du fait que les rayons de mode des guides sont très petits ($\ll 1\mu\text{m}$) comparés à celui de la fibre monomode (autour de $5\mu\text{m}$). Ainsi un adaptateur en bout de guide est nécessaire pour en augmenter le rayon de mode. En parallèle de l'augmentation des rayons de mode des guides, le rayon de mode des fibres monomodes doit être diminué pour se rapprocher de celui des guides. Pour augmenter l'efficacité de couplage des systèmes optiques macroscopiques [4] ou des fibres micro-lentillées [5] peuvent être utilisées. Les microlentilles sont intéressantes parce qu'elles sont plus compactes et mieux adaptées aux applications commerciales pour lesquelles l'assemblage et le packaging jouent un rôle clé dans le succès du composant.

Dans ce travail nous simulons une structure à adaptateur de mode pour un guide W1 à cristaux photoniques décrit dans [6]. Les résultats de simulation FDTD donnent $0.64\mu\text{m}$ pour le waist du mode transverse de la sortie de l'adaptateur de mode de la membrane à cristaux photoniques (voir figure 1).

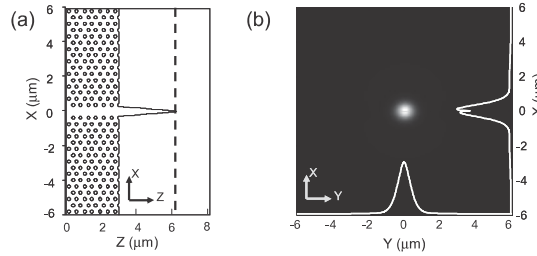


Fig. 1 : (a) vue de dessus de la sortie du guide à cristaux photoniques (b) distribution du champ simulé en sortie d'adaptateur de mode du guide à cristaux photoniques.

Cette structure est utilisée pour évaluer numériquement l'efficacité de couplage avec le plus petit waist d'une fibre lentillée ($\omega_0 = 1\mu\text{m}$) et un waist légèrement plus grand ($\omega_0 = 1,1\mu\text{m}$) par la technique de l'adaptation de mode. Dans l'équation 1 on remplace E_1 par le champ électrique simulé ci-dessus et E_2 par des faisceaux circulaires gaussiens théoriques. On en déduit des pertes de couplage théoriques de 3,6 dB et 4,0 dB pour le cas de $\omega_0 = 1\mu\text{m}$ et $\omega_0 = 1,1\mu\text{m}$ respectivement.

3. RESULTATS DE MESURE

Les profils de champ en sortie de guide avec adaptateur de mode sont mesurés par la technique du champ proche à l'aide d'une caméra CCD Infra Rouge (voir figure 2(a)). On utilise un objectif de microscope de grande ouverture numérique (ON= 0,95) muni d'un traitement anti-réfléchissant. La lumière issue d'une diode laser émettant à la longueur d'onde de 1550 nm est injectée dans le guide à l'aide d'une fibre micro-lentillée de rayon de mode $1\mu\text{m}$. Un atténuateur variable permet d'éviter la saturation de la caméra.

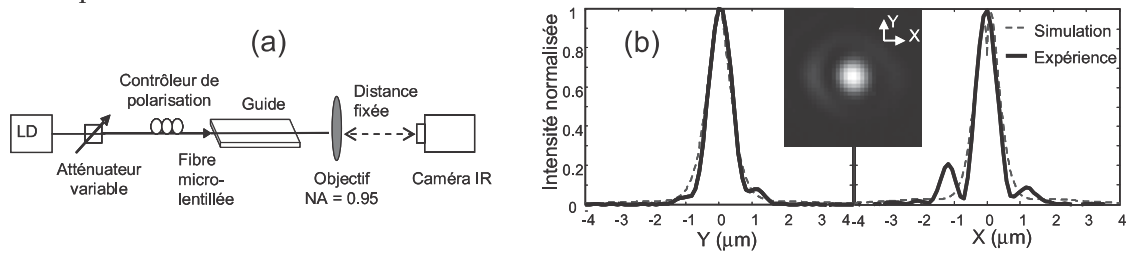


Fig. 2 : (a) Principe du banc de mesure du champ proche. (b) Profils transverses mesurés en champ proche (trait plein) et simulés (pointillés). Photo de la répartition d'intensité dans le plan transverse.

L'optimisation du couplage se fait en observant la focalisation de l'image capturée à la caméra IR à travers l'objectif. La calibration du rayon de mode est faite par comparaison avec une fibre micro-lentillée dont le diamètre de mode ($1\text{ }\mu\text{m}$) est connu par une mesure de champ lointain qui ne nécessite pas de calibration. La distance entre l'objectif et la caméra IR est fixée pour la mesure et la calibration de sorte que le grossissement soit constant. La figure 2(b) montre les profils de champs expérimentaux et simulés. On y note un bon accord entre théorie et expérience.

Les pertes de couplage sont mesurées à l'aide de deux sortes de fibres micro-lentillées, la première est commercialisée par Oz Optics (waist $1\text{ }\mu\text{m}$) et la seconde appelée Gradhyp (waist $1,1\text{ }\mu\text{m}$) est développée au laboratoire [7]. Le banc de mesure est le même que celui de la figure 2(a) mais l'objectif est remplacé par une fibre lentillée dont la sortie est reliée à une sphère intégratrice. Les pertes de couplage sont déduites des pertes totales fibre à fibre en enlevant l'atténuation du guide évaluées à 1 dB.mm^{-1} . Pour un guide de $1,4\text{ mm}$ de longueur, les pertes totales mesurées sont de $9,4\text{ dB}$ avec la fibre Oz et de 11 dB pour la Gradhyp soit 4 dB par face pour la fibre Oz et $4,8\text{ dB}$ pour la Gradhyp, ce qui est proche des pertes estimées (voir paragraphe 2). Le principal intérêt de la Gradhyp par rapport à la fibre Oz consiste non seulement en des tolérances de positionnement plus relâchées mais aussi en une grande distance de travail (définie comme la distance entre la sortie de l'adaptateur de mode du guide et la microlentille) de $60\text{ }\mu\text{m}$ (comparée à $8\text{ }\mu\text{m}$ pour la fibre Oz). La grande distance de travail, visible sur la figure 3 est intéressante pour éviter le contact entre le guide et la fibre lors de l'assemblage du composant.

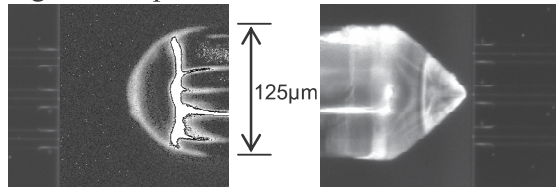


Fig. 3 : photo d'une Gradhyp (à gauche) et d'une Oz (à droite) couplée devant un guide à cristaux photoniques

CONCLUSION

Des simulations par la méthode FDTD de profils transverses d'intensité combinées à la théorie du couplage de modes gaussiens ont été développées afin d'optimiser le couplage entre un guide à cristaux photoniques équipé d'un adaptateur de mode et une fibre micro-lentillée. De faibles pertes de couplage de 4 et $4,8\text{ dB}$ par face pour des distances de travail de 8 et $60\text{ }\mu\text{m}$ respectivement ont été démontrées. Les résultats de mesure de profil d'intensité transverses ainsi que de pertes de couplage montrent un bon accord entre théorie et expérience.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous les partenaires du projet européen Copernicus (249012) ainsi que la Communauté Européenne qui finance ce projet.

RÉFÉRENCES

- [1] S.Combré, P.Colman, C.Husko, Q. Tran, A. De Rossi, "Advances in III-V based photonic crystals for integrated optical processing", proc. SPIE 760815, San Francisco, Californie, USA (2010).
- [2] <http://www.copernicusproject.eu>
- [3] H. Kogelnik and t. Li, "Laser beam resonators", Applied optics5, Issue 10, pp. 1550-1567, 1966 and Proceedings IEEE 54, Issue 10, pp. 1312-1329, October 1966.
- [4] M. Fadhal et al. "Efficient coupling and relaxed alignment tolerances in pigtailling of a LD using dual ball lenses" Optik 120 (2009), 384-389.
- [5] H-M. Yang, " A novel scheme of hyperbolic-end micro-lens using the arc technology" Optik, 120 (2009) 905-910.
- [6] Q. Tran, S Combré, P. Colman, A. De Rossi, "Photonic crystal membrane waveguides with low insertion losses", Appl. Phys. Lett. 95 061105 (2009).
- [7] M. Thual et al. "Appropriate micro-lens to improve coupling between laser diode and single mode fibres", Electronics letters, 2003, 39, n 21.